

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-282682

(P2002-282682A)

(43) 公開日 平成14年10月2日(2002.10.2)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマト*(参考)

B 0 1 J 19/00

B 0 1 J 19/00

Z 2 G 0 4 2

3 2 1

3 2 1

2 G 0 5 8

B 8 1 B 7/00

B 8 1 B 7/00

4 G 0 7 5

G 0 1 N 31/20

G 0 1 N 31/20

33/53

33/53

M

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2001-88170(P2001-88170)

(22) 出願日

平成13年3月26日(2001.3.26)

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所

東京都千代田区霞が関1-3-1

(71) 出願人 301014834

桐生 昭吾

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 経済産業省産業技術総合研究所 電子技術総合研究所内

(71) 出願人 500046896

村川 正宏

茨城県つくば市梅園1丁目1番1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内

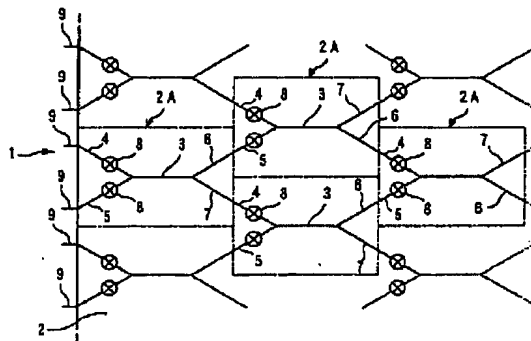
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微小化学反応装置

(57) 【要約】

【課題】 光造形法を含むマイクロマシニング技術を利用して大量且つ安価に製造できるとともに、用途に応じて反応系を自在に変更可能な微小化学反応装置を提供する。

【解決手段】 反応通路3に連結されたそれぞれ2つずつの流入側通路4、5と流出側通路6、7を含んで構成される微小化学反応モジュール2Aが、少なくとも一つの層2内にそれぞれの反応通路の方向を層の前後方向に揃えて複数左右方向に配列され、且つ、前記配列が前後方向に複数列形成されている。前後の列間において、後列側の微小化学反応モジュールは、その2つの流入側通路がそれぞれ微小バルブ8を介して、前列側の左右方向に並んだ2つの微小化学反応モジュールの各一方の流出側通路と連結され、微小バルブの開閉によって反応系を自在に変更でき、目的に応じた微小化学反応を実現することが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 反応通路の始端に連結された2つの流入側通路と、前記反応通路の終端に連結された2つの流出側通路を含んで構成される微小化学反応モジュールが、少なくとも一つの層内にそれぞれの反応通路の方向を層の前後方向に揃えて左右方向に複数配列されているとともに、前記配列が前後方向に複数列形成され、前後に隣接する列間において、後列側の微小化学反応モジュールは、その2つの流入側通路がそれぞれ微小バルブを介して、前列側の左右方向に並んだ2つの微小化学反応モジュールの各一方の流出側通路と連結されていることを特徴とする微小化学反応装置。

【請求項2】 微小バルブが微小化学反応モジュールが配列されている層に積層された別の層内に配列されていることを特徴とする請求項1記載の微小化学反応装置。

【請求項3】 それぞれの微小バルブがコンピュータにより制御される駆動手段によって開閉動作されることを特徴とする請求項1又は2記載の微小化学反応装置。

【請求項4】 駆動手段が微小バルブが設けられている層に積層された別の層内に設けられていることを特徴とする請求項3記載の微小化学反応装置。

【請求項5】 少なくとも一部の微小化学反応モジュールの反応通路を通過する物質の温度を検出するセンサを備えたことを特徴とする請求項1乃至4の何れかに記載の微小化学反応装置。

【請求項6】 少なくとも一部の微小化学反応モジュールの反応通路を通過する物質の流量を検出するセンサを備えたことを特徴とする請求項1乃至5の何れかに記載の微小化学反応装置。

【請求項7】 少なくとも一部の微小化学反応モジュールの反応通路を通過する物質の温度を調整する手段を備えたことを特徴とする請求項1乃至6の何れかに記載の微小化学反応装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光造形法を含むマイクロマシニング技術によって製造される微小化反応装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、マイクロマシニング技術の発達により、微小な化学反応モジュールや、化学分析モジュール、微小なセンサやバルブ、ポンプ等のような、サイズの極めて小さい機器類の製作が可能になっており、また、これらのモジュールや機器類を組み合わせ、DNAの分析等に特化した、いわゆる化学集積回路の提案もなされている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような化学集積回路として提案されている従来の微小化学反応装置は、電気の集積回路と同様に一度製作される

と、後で回路の一部を変更したり、追加または削除するといったことが極めて困難であった。

【0004】そのため、数多くの様々な試行を繰り返す必要がある実験段階の化学反応を行う場合や、未知の化学反応を探索する場合、或いは、温度条件等の外部の条件に応じて、動的に化学反応系を逐次変化させて実験データを得る必要がある場合等の用途には、このような微小化学反応装置は適さなかった。

【0005】一方、平面状にバルブのみ、分流路のみ、或いは、反応部のみをそれぞれ製作し、これらを層状に重ねて連結することによって、微小な化学反応を行わせる微小化学反応装置も提案されているが、複雑な化学反応を実現しようとする、これらのバルブや分流路、反応部等の要素の総数が膨大になるとともに、平面状にのみ複雑な構造を形成することができないマイクロマシニング技術は、複数の層で構成される微小化学反応装置の製作には適していなかった。

【0006】また、電気の集積回路と同様に、このような化学集積回路で構成される微小化学反応装置の製造コストを低減させるためには、微小化学反応装置を大量に生産する必要がある。しかしながら、化学や生物関連の反応は、極めて多種多様であるため、実際に微小化学反応装置の利点を発揮できる工業的な応用を見出すためには、詳細な設計や予備実験に莫大な時間と労力を必要とする問題があった。

【0007】さらに、化学集積回路で構成される微小化学反応装置内部の化学反応は、実験室において人手によって操作が可能であるような、比較的大きな実験系で起こる化学反応とは異なる場合があり、目的の化学反応を達成するためには、数多くの試行錯誤が必要なことから、現在においても、化学集積回路は電気の集積回路のような爆発的な普及には至っていない。

【0008】そこで、本発明は、前述したような従来技術における問題を解決し、光造形法を含むマイクロマシニング技術を利用して大量且つ安価に製造できるとともに、用途に応じて反応系を自在に変更可能な微小化学反応装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記目的のため、本発明の微小化学反応装置は、反応通路の始端に連結された2つの流入側通路と、前記反応通路の終端に連結された2つの流出側通路を含んで構成される微小化学反応モジュールが、少なくとも一つの層内にそれぞれの反応通路の方向を層の前後方向に揃えて複数左右方向に配列されているとともに、前記配列が前後方向に複数列形成され、前後に隣接する列間において、後列側の微小化学反応モジュールは、その2つの流入側通路がそれぞれ微小バルブを介して、前列側の左右方向に並んだ2つの微小化学反応モジュールの各一方の流出側通路と連結されている。

【0010】本発明の微小化学反応装置においては、微小バルブが微小化学反応モジュールが配列されている層に積層された別の層内に配列されていることが望ましい。また、それぞれの微小バルブがコンピュータにより制御される駆動手段によって開閉動作されることも望ましく、さらに、駆動手段は微小バルブが設けられている層に積層された別の層内に設けられていることも望ましい。

【0011】また、少なくとも一部の微小化学反応モジュールの反応通路を通過する物質の温度や流量を検出するセンサを備えていることも望ましく、さらにまた、少なくとも一部の微小化学反応モジュールの反応通路を通過する物質の温度を調整する手段を備えていることも望ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の微小化学反応装置は、光造形法を含むマイクロマシニング技術を利用して、大量かつ安価に製造できる可能性を有しており、製造後に反応系を目的に応じて変更できるようになっている。

【0013】本発明の微小化学反応装置は、シリコンや光硬化性樹脂等を素材とする少なくとも一つの層の中に形成された、複数の微小化学反応モジュールを有しており、それぞれの微小化学反応モジュール内には、異なる物質どうしを化学反応させたり、成分分析を行うための反応通路が形成されている。全ての微小化学反応モジュールの反応通路は、層の前後方向に向きを揃えて形成されている。

【0014】また、微小化学反応モジュールは、層内でその横方向に複数配列されているとともに、前記配列は、層の前後方向に複数列形成されていて、各微小化学反応モジュールに形成されている反応通路は、通常は内径100 μ m以下に形成されている。なお、反応通路の内径は、この中を通過する液状の物質または物質の水溶液が、層流状態の流れを維持できる範囲（通常500 μ m以下）で選択することができる。

【0015】また、前記反応通路の始端には、それぞれ2つの流入側通路が連結されていて、それぞれの流入側通路から反応通路側に送り込まれた物質が反応通路内で混ざり合って化学反応が行われるようになっている。

【0016】同様に、反応通路の終端には、それぞれ2つの流出側通路が連結されていて、反応通路内の物質をこれら2つの流出側通路の一方か、他方か、または両方に送り出すことが可能になっている。

【0017】本発明の微小化学反応装置では、層内で左右方向に配列された反応モジュールの列と、前記列の後方に隣接する別の反応モジュールの列との間において、後列側の微小化学反応モジュールは、その2つの流入側通路がそれぞれ、微小バルブを介して前列側の横方向に並んだ2つの微小化学反応モジュールの各一方の流出側通路と連結されている。

【0018】前記微小バルブを開いたときには、前列（上流側）の微小化学反応モジュールの流出側通路から後列（下流側）の微小化学反応モジュールの流入側通路へ物質を送り込むことができ、また、前記微小バルブを閉じることによって、これらの流出側通路と流入側通路を介しての微小化学反応モジュール間の物質の移動は遮断されるようになっている。

【0019】層の中に多数の微小化学反応モジュールの反応通路と、流入側通路及び流出側通路を形成する方法としては、光硬化性樹脂にレーザ光を走査して複雑な形状を創成することが可能な光造形法が特に好適である。

【0020】また、微小バルブはマイクロマシニング技術を用いて製作することができ、各微小化学反応モジュールの2つの流入側通路、または、2つの流出側通路の何れかに組み込むことができる。

【0021】微小バルブは、例えば先端が円錐形の弁体を通路を横断する方向に軸方向に変位させることで通路を開閉する構造とすることができる。この場合、微小な弁体を変位させるために、外部からの信号によって動作する駆動手段が用いられる。

【0022】このような駆動手段としては、例えば、磁性体で形成された弁体を駆動する微小コイルを用いることができ、微小コイルに通電することによって発生する磁場で、弁体を変位させて通路の開閉を行うことができる。この場合には、微小化学反応モジュールが配列されている層と積層される別の層の中に、微小コイルを設けてもよい。

【0023】さらに、反応通路が形成されている層と微小バルブが配列されている層を独立させて積層してもよく、さらに微小バルブが配列されている層に対して、反応通路が形成されている層と反対側に各微小バルブの弁体を駆動する微小コイルを配列した層を積層することで、微小化学反応装置をコンパクトな積層構造とすることができる。

【0024】微小バルブを開閉する他の駆動手段としては、微小なモータを用いることもできる。この場合には、弁体の外周面に通路壁に形成されたねじ孔に螺合するねじを形成し、弁体をモータで回転させることで軸方向に変位させて通路の開閉を行うことができる。

【0025】さらに、微小バルブを開閉する駆動手段としては、空気圧や油圧、水圧等の流体圧を用いることができる。この場合、弁体には、薄いゴム膜等を介して流体圧を伝達して動かすことができる。

【0026】さらに、微小バルブを開閉する駆動手段としては、ヒータを用いることができる。この場合、弁体には温度変化により軸方向に膨張収縮する材料を使用することで、ヒータで弁体が加熱されると弁体の先端側が軸方向に変位し、通路の開閉を行うことができる。

【0027】さらに、微小バルブを開閉する駆動手段としては静電気力を用いることができる。これは、物質が

流れる通路の一部の片側を、導電層を有して且つ弾性撓み変形が容易な積層フィルムの膜で構成し、前記膜とその対向側の通路壁との間に直流電圧を印加することで、膜が静電気力によって対向する通路壁に引き寄せられて通路断面積を変化させるもので、この場合には膜が弁体の役割をしている。なお、この構造では、膜は完全に通路を開閉することはできないが、電圧の強弱によって物質の流量を連続的に加減することができる利点を有している。

【0028】また、微小バルブとしては、物質が通過する通路内で互いに噛み合って自由に回転できるように設けられた、一對の歯車をを用いることができる。これらの歯車は、微小バルブが開放状態では物質の流れによって回転され、物質を自由に通過させることができる。

【0029】一方、微小バルブを閉じる場合には、前記一對の歯車の回転を阻止することで物質の流れを停止させることができる。歯車を停止させる手段としては、例えば歯車を磁性体で製作し、歯に接近させて微小なコイルを配置してこのコイルに通電することによって発生する磁界で歯車の回転を拘束する方法を採ることができる。

【0030】なお、前記一對の歯車は、微小なモータで強制的に駆動することで微小ポンプとしても用いることができる。また、独立した微小モータを用いずに、複数組のコイルを磁性体の歯車の周囲に配置することで、直接回転駆動するようにしてもよい。

【0031】このように構成されている微小化学反応装置は、最上流側の微小化学反応モジュールの流入側通路から反応させる物質が一定の圧力で送り込まれる。この際、各微小バルブの開閉状態を外部のコンピュータに入力されたプログラムに従って制御することで、指定された微小化学反応モジュールの反応通路へ指定された物質を送り込んで化学反応を生じさせることができる。

【0032】また、所定の温度条件で物質の化学反応を生じさせるために、微小化学反応モジュールの反応通路を通過する物質の温度を検出する微小な熱電対やサーミスタ等の温度センサを設けたり、物質の温度を調整する手段を設けても良い。

【0033】温度の調整手段としては、抵抗線ヒータや、ペルチェ素子を用いることができる。これらは、前述したように化学反応装置が積層構造になっている場合には、微小コイルが形成されている基板の層に組み込むことで、内部配線を簡略化することができる。

【0034】また、コンピュータが温度センサから送られてくる検出信号に基づいて、反応通路内が指定された反応温度に維持されるように温度調整手段を制御するようにしてもよい。

【0035】さらに、反応通路を流れる液体の流量を検出するセンサを設けてもよく、このような流量センサとしては、例えば、通路を流れる液体によって磁性体で製

作された歯車を回転させ、その回転を微小なコイルに発生する電圧で検出する構造のものや、液体が流れる通路の流れの方向に離れた2点間の温度差を検出する構造のものを用いることができる。

【0036】以下、図面に基づいて本発明の実施例を説明する。図1は、本発明の微小化学反応装置を模式的に示した平面図であって、微小化学反応装置1は、平面状のシリコンの層2に、図2に示すような微小化学反応モジュール2Aのパターンが、多数縦横に連続して形成されている。

【0037】それぞれの微小化学反応モジュール2Aは、反応通路3と、前記反応通路3の一方の端で合流するように連結された2つの流入側通路4、5と、反応通路3の他方の端から分岐するように連結された2つの流出側通路6、7を備えている。

【0038】各微小化学反応モジュール2Aの中では、2つの流入側通路4、5から流入してきた異なる物質どうしが反応通路3で混じり合っ

て化学反応を起こすように構成されていて、これらの通路は本実施例では、液状の物質、あるいは、蒸留水に溶かして水溶液とした物質が、層流状態で流動可能な100μm程度の内径に形成されている。

【0039】図1に示すように、微小化学反応装置1の中の前列の微小化学反応モジュール2Aの流出側通路6は、隣接する後列の一つの微小化学反応モジュール2Aの流入側通路5に、また、前列の微小化学反応モジュールの流出側通路7は隣接する後列のもう一つ微小化学反応モジュール2Aの流入側通路4にそれぞれ微小バルブ8を介して連結されている。

【0040】また、層2内に左右方向に並んで形成されている微小化学反応モジュールの列の最前列に含まれる微小化学反応モジュール2Aのそれぞれの流入側通路4、5は、層2の前端面に取り付けられている導入パイプ9に連通している。

【0041】図示は省略するが、これらの導入パイプ9にはそれぞれ、可撓性のチューブが連結されていて、これらのチューブを介して化学反応実験や分析の試料となる物質が、所定の圧力で各パイプ9へ送り込まれるようになっている。

【0042】微小化学反応装置1を構成しているシリコン素材の層2に形成される、多数の微小化学反応モジュールの反応通路3や、流入側通路4、5、流出側通路6、7、微小バルブ8等は、エッチングやメンブレン構造の応用を含むマイクロマシニング技術を用いて製作することができる。

【0043】図2に示すように、本実施例の微小化学反応装置1においては、各微小化学反応モジュール2Aの反応通路2を通過する物質の温度を調節するために、ヒータ10と、温度センサ11が設けられている。

【0044】ヒータ10は、各微小化学反応モジュール

2Aが形成されている層2内に設けることができるが、層2と積層して形成される別の層に設けてもよい。また、温度センサ11は、微小化学反応モジュール2Aの反応通路3に近接して層2に形成した凹部内に配置されている。温度センサ11は、微小な熱電対やサーミスタで構成することができる。

【0045】なお、各微小化学反応モジュール2Aにおける反応通路3内の物質の反応温度を個別に制御する場合には、例えば、層2全体を低温室の中に配置し、各微小化学反応モジュール2A毎に、ヒータ10の通電量を調整する方法を用いることができる。

【0046】本発明の微小化学反応装置1に組み込まれる微小バルブ8としては、様々な構造のものを用いることができる。例えば、図3及び図4に模式的に示す微小バルブ8Aは、通路4(5)を開閉する弁体V1とこれを軸方向に変位させるための駆動手段としてのコイルCを有している。

【0047】前記弁体V1は、その先端が円錐状に形成されていて、通路4(5)内に出没自在に突出するように層2内に形成された孔H1に、軸方向に変位自在に嵌挿されており、その後端側が層2に張られている薄いゴム膜Sの弾力によって、常時弁体V1が通路4(5)を閉じる向きに付勢されている。(なお、図4においては、前記ゴム膜Sは図示を省略している。)

【0048】弁体V1は、少なくとも後端部が磁性体で形成され、最大外径は1mm以下に仕上げられていて、コイルCに通電することにより発生する磁界に引きつけられて、ゴム膜Sの付勢力に抗して後退変位し、通路4(5)が開かれる構造になっている。

【0049】なお、弁体V1の少なくとも後端部が軸方向に磁化した永久磁石である場合には、ゴム膜Sを省略し、コイルCの通電方向を切り換えて発生する磁界を逆転させることで、弁体V1を開位置または閉位置に選択的に保持することができる。

【0050】図4に示すように、コイルCは、微小化学反応モジュール2Aが形成されている層2に積層される別の層2'内に多数形成されていて、それぞれ、弁体V1と対向する位置に配置されている。これらのコイルCは層2'に形成された微細な配線パターンを通じて、層2'の端部に取り付けられた図示しないコネクタの端子と電気的に接続されている。

【0051】前記コネクタには、これも図示していないフラットケーブルが接続されるようになっており、このフラットケーブルを通じて、微小化学反応装置1の外部よりコイルCに通電することで、弁体V1の開閉動作が行われる。

【0052】また、図5に示す微小バルブ8Bは、超小型モータMで開閉操作が行われるネジ式の弁体V2を示している。前記弁体V2は、外周面に層2に形成されたねじ孔H2に螺合するねじが形成されていて、超小型モ

ータMの正回転または逆回転によって進退し、通路4(5)を開閉するようになっている。

【0053】なお、バルブ8Bは通路4(5)の単なる開閉のみでなく、超小型モータMをステップモータとして回転角を制御することによって、細かく流量の調整を行うことも可能である。

【0054】また、図6に示す微小バルブ8Cは、流体圧を用いて弁体V3を開閉するものであって、弁体V3を作動させるための流体としては、空気や窒素ガス等の気体や油、水等の液体を用いることができる。

【0055】同図の微小バルブ8Cにおいては、弁体V3は層2に形成されている孔H3に軸方向変位自在に嵌挿されているとともに、その後端部には薄いゴム等の弾性膜Fが接着されている。

【0056】前記弾性膜Fの裏側には外部から導入される流体の圧力Pが作用するようになっており、前記流体圧Pによって弁体V3は弾性膜Fを介して押され、通路4(5)内へ突出し、その中の物質の流れを遮断することができる。また、流体圧Pを解除すると、弁体V3は弾性膜Fの復元力によって後退し、通路4(5)は開放されて物質の流動が可能になる。

【0057】さらに、図7に示す微小バルブ8Dは、温度変化によって軸方向に膨張・収縮する材料、例えば形状記憶合金等で形成された弁体V4を有している。この弁体V4は、ヒータhで加熱することによって軸方向に膨張して通路4(5)を閉じる。

【0058】また、弁体V4を軸方向に収縮させて通路4(5)を開放する場合には、ヒータhの通電を遮断して弁体V4を自然冷却するか、あるいは層2を外部から強制的に冷却すればよい。

【0059】また、ヒータhに代えてペルチェ素子を用い、これの通電方向を切り換えることで、弁体V4を加熱または冷却して、通路4(5)の開閉動作を行うことも可能である。

【0060】次に、図8は、さらに特殊な構造の微小バルブを示すものであって、同図に示す微小バルブ8Eは、物質が流れる通路4(5)の壁の一部の片側に取り付けられた、弾性撓み変形が容易な積層フィルムからなる、膜状の弁体V5を有している。

【0061】前記弁体V5は、金等の導電層を絶縁層で挟んだラミネート構造を有する板状部材によって構成されていて、前記導電層と、対向側の通路壁2Aとの間に直流電圧を印加することで、弁体V5は静電気力によって対向する通路壁2Aに引き寄せられて通路断面積を変化させ、通路4(5)を通過する物質の流れを制御することができる。

【0062】この弁体V5は、その特殊な構造上、完全に通路4(5)を閉じることはできないが、加える電圧の強弱によって、物質の流量を連続的に調整することができるので、先に述べた各種の構造の微小バルブ8A～

8Dと組み合わせて用いられる。

【0063】さらに、図9は、微小な一對の歯車G1、G2を通路4（5）の途中に互いに噛み合わせて配置して微小バルブ8Fを構成したものであり、これらの歯車G1、G2は、凹部C1、C2内で回転自在に支持されている。

【0064】そして、通路4（5）内を物質が通過しようとする、これらの歯車G1、G2は、物質に押されて回転し、物質の流れを妨げることなく通過させることができる。

【0065】一方、これらの歯車G1、G2の回転を拘束することにより、通路4（5）内の物質の流れを止めることができる。歯車G1、G2の回転を拘束する手段としては、例えば歯車G1、G2の何れか一方を磁性体で製作し、その歯車の噛み合い歯をその外側に電磁石を配置し、この電磁石を励磁することで発生する磁力によって歯車の回転を拘束する構造とすることができる。

【0066】また、これらの歯車G1、G2は、物質の流れの方向に回転する駆動力を微小モータ等で与えることによって、微小な歯車ポンプとして用いることができる。なお、この場合には、磁性体で製作した歯車の噛み合い歯に対向するように複数の固定子コイルを配置して、直接駆動するようにしてもよい。また、歯車の回転駆動手段としては超音波を用いてもよい。

【0067】さらに、これらの歯車G1、G2は、回転を拘束していない場合、通路4（5）内を流れる物質の流量に比例して回転するため、図10に示すように、歯車G1を磁性体で製作して噛み合い歯を磁化しておき、前記歯車G1に近接して検出コイルDを配置することによって、微小流量計を構成することができる。

【0068】前記微小流量計は、歯車G1の噛み合い歯の動きを検出コイルDに誘起される電圧として検出するもので、反応通路3や流出側通路6（7）に配置してもよい。なお、通路を流れる物質の流量を検出する手段としては、図10に示した構造のもの他、例えば、物質が通過する通路の2点間の温度差で検出する構造のものを用いることもできる。

【0069】次に、図11は、前述した図1に示す微小化学反応装置1をコンピュータによってプログラム制御するための制御システムの構成図であって、この制御システムにおいては、微小化学反応装置1に設けられている多数の微小バルブ8が、コンピュータ12によって制御されるバルブリレーユニット13からの通電のON/OFFによって開閉されるようになっている。

【0070】また、この制御システムにおいては、ヒータリレーユニット14から微小化学反応モジュール2A毎に設けられているヒータ10（図2参照）へ通電を行うようにしており、ヒータリレーユニット14をコンピュータ12で制御することによって、各ヒータ10への通電がON/OFFされるようになっている。

【0071】バルブリレーユニット13とヒータリレーユニット14は、それぞれ、コンピュータ12に装着してあるバルブリレー用インターフェースボード15とヒータリレー用インターフェースボード16を介して前記コンピュータ12からの指定信号を受けるようになっている。なお、ヒータ10の温度調整は、通電のON/OFF制御の代わりに、AD変換器を用いて連続的にヒータ電流を制御することで、よりきめ細かい調整が可能となる。

【0072】また、コンピュータ12には、温度センサ用AD変換ボード17が装着されており、先に述べた温度センサ11（図1参照）が出力するアナログ信号が、温度センサ用AD変換ボード17によってデジタル信号に変換されてコンピュータ12に入力されるようになっている。

【0073】前述した制御システムにおいては、コンピュータ12には微小化学反応装置1に種々の試行実験や分析をを実行させるためのプログラムが記憶されていて、このプログラムによって、微小化学反応装置1の微小バルブ8の開閉が制御され、微小化学反応装置1に送り込まれた物質が、どの微小化学反応モジュール2Aを通して流れるかが決定される。

【0074】図12は、前記プログラムによって決定された微小化学反応装置1内の物質の通過経路の一例を示すものであって、同図においては、1～10の番号は微小バルブを表しており、この例では、3番と9番の微小バルブが開かれ、残りの番号の微小バルブは閉じられて、物質は太い実線で示す通路に沿って流れる。

【0075】物質の通過経路は、一つの実験や分析を行う当初に設定したら、その実験や分析が終了するまで同じ経路を維持する場合もあり、また、化学反応させる相手の物質を順次変えて実験等では、物質の通過経路もプログラムに従って順次変える場合もある。

【0076】なお、図11の制御システムには示していないが、コンピュータ12に、微小化学反応装置1内に設けた微小ポンプや、流量を連続的に可変な微小バルブをプログラム制御させることも可能である。

【0077】さらに、コンピュータ12は、微小化学反応装置1に設けられた温度センサや流量センサから送られてくる信号に基づいて、微小バルブや微小ポンプ、ヒータ等をリアルタイムで制御するようにしてもよい。

【0078】次に、図13は、本発明の微小化学反応装置の別の実施例を示すもので、この実施例においては、微小化学反応装置1Aは物質どうしの化学反応が行われる反応通路3と流入側通路4、5、及び、流出側通路6、7が形成されている層2-1に、微小バルブ8が設けられている層2-2が積層されており、さらに、前記層2-2に微小バルブ8を開閉動作するコイルCを含む回路が形成されている層2-3が積層された3層構造となっている。

【0079】前記層 2-2 の内部には、物質が流れる通路 18、19 が縦横に形成されていて、縦の通路 18 と横の通路 19 のそれぞれの交差部 20 が、連絡通路 21 を介して層 2-1 内に形成されている流入側通路 4、5、または、流出側通路 6、7 と連通している。

【0080】本実施例においては、微小バルブ 8 が縦横の各通路の 2 つの交差部に配置されており、これらの微小バルブ 8 の弁体 V は、層 2-3 に形成されているコイル C のそれぞれに対向していて、これらのコイル C に選択的に通電することによって、任意の微小バルブ 8 を開放し、層 2-1 内の所望の反応通路 3 に物質を導入することができる。

【0081】図 13 に示す実施例においては、微小バルブ 8 を物質の化学反応や分析を行う反応通路 3 が形成されている層 2-1 とは別の層 2-2 に設けてある。層 2-1 と層 2-2 は、光造形法によって一体に製作することも可能であり、これらの層 2-1、2-2 に、コイル C を含む電気回路が形成されている層 2-3 を接着することによって、微小化学反応装置 1 を製作することができ、先に述べた微小化学反応装置 1 と比較して、さらに高密度化、コンパクト化を図ることができる。

【0082】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明の微小化学反応装置によれば、微小化学反応モジュールを単位としてこれを層内に複数連続形成したことにより、構造を可及的に単純化でき、設計を含む製作工程を簡略化することができる。

【0083】また、微小化学反応装置の製作後に反応系を自由に変更することが可能であるため、化学や生物関連の研究者が試行錯誤で反応系を変更しながら繰り返し行う実験を、広いスペースを必要とせず、極めて容易且つ低コストで実現することができる。

【0084】また、特に、本発明の微小化学反応装置によれば、微小バルブの開閉動作等をコンピュータに組み込んだプログラムによって制御することにより、従来、実験や分析のために費やしていた多大な時間と労力を大幅に低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の微小化学反応装置を模式的に示した平面図である。

【図 2】 本発明の微小化学反応装置の構成単位となっている微小化学反応モジュールの構造を模式的に示した平面図である。

【図 3】 本発明の微小化学反応装置に用いられる微小バルブの構造の一例を模式的に示した断面図である。

【図 4】 本発明の微小化学反応装置に用いられる微小

バルブの構造の一例を模式的に示した斜視図である。

【図 5】 本発明の微小化学反応装置に用いられる微小バルブの構造の別の例を模式的に示した断面図である。

【図 6】 本発明の微小化学反応装置に用いられる微小バルブの構造のさらに別の例を模式的に示した断面図である。

【図 7】 本発明の微小化学反応装置に用いられる微小バルブの構造のさらに別の例を模式的に示した断面図である。

【図 8】 本発明の微小化学反応装置に用いられる微小バルブの構造のさらに別の例を模式的に示した断面図である。

【図 9】 本発明の微小化学反応装置に用いられる微小バルブの構造のさらに別の例を模式的に示した断面図である。

【図 10】 本発明の微小化学反応装置に用いられる微小流量計の構造の一例を模式的に示した断面図である。

【図 11】 コンピュータを用いて本発明の微小化学反応装置を制御する場合のシステム構成を示す図である。

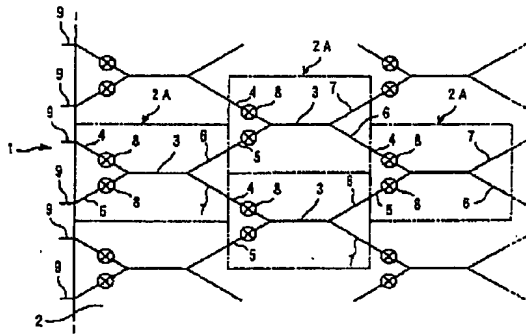
【図 12】 微小バルブの開閉操作によって、微小化学反応装置の中に形成される物質の通路の一例を示す図である。

【図 13】 本発明の微小化学反応装置の別の実施例を模式的に示した分解斜視図である。

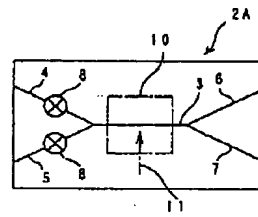
【符号の説明】

- 1 微小化学反応装置
- 2、2'、2-1、2-2、2-3 層
- 2A 反応モジュール
- 3 反応通路
- 4、5 流入側通路
- 6、7 流出側通路
- 8、8A、8B、8C、8D、8E、8F 微小バルブ
- 9 導入管
- 10 ヒータ
- 11 温度センサ
- 12 コンピュータ
- 13 バルブリレーユニット
- 14 ヒータリレーユニット
- 15 バルブリレー用インターフェースボード
- 16 ヒータリレー用インターフェースボード
- 17 温度センサ用 A/D 変換ボード
- 18、19 通路
- 20 交差部
- 21 連絡通路

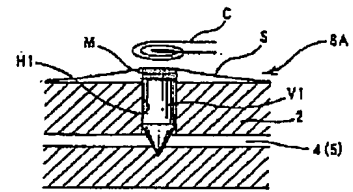
【図 1】



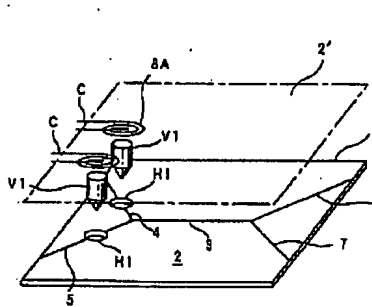
【図 2】



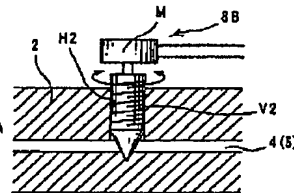
【図 3】



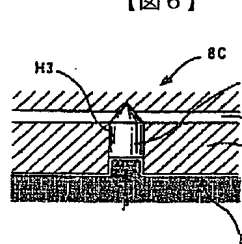
【図 4】



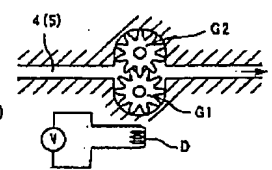
【図 5】



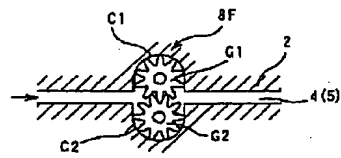
【図 6】



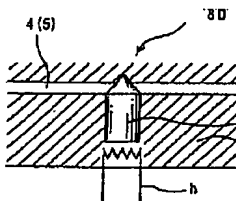
【図 10】



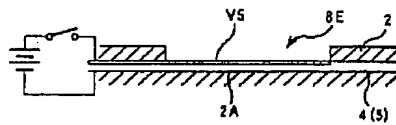
【図 9】



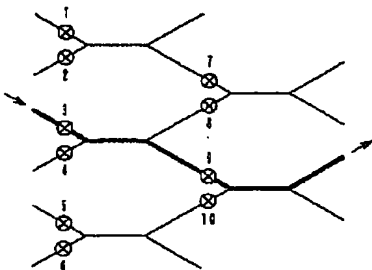
【図 7】



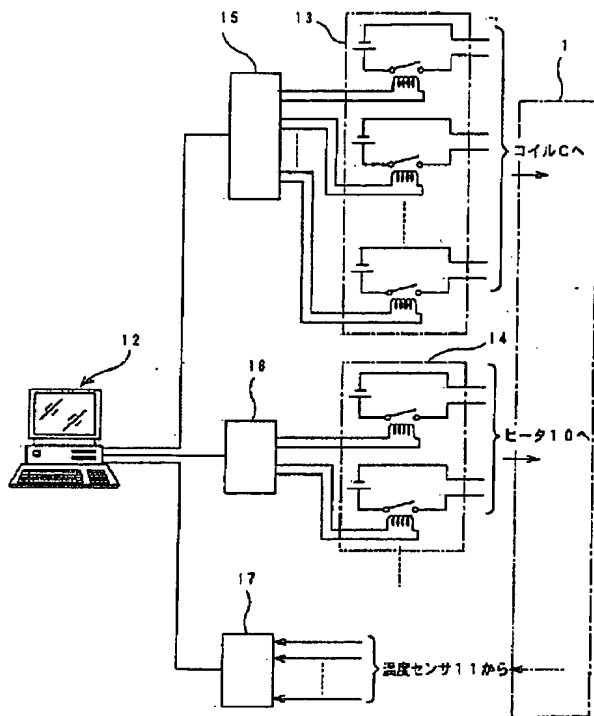
【図 8】



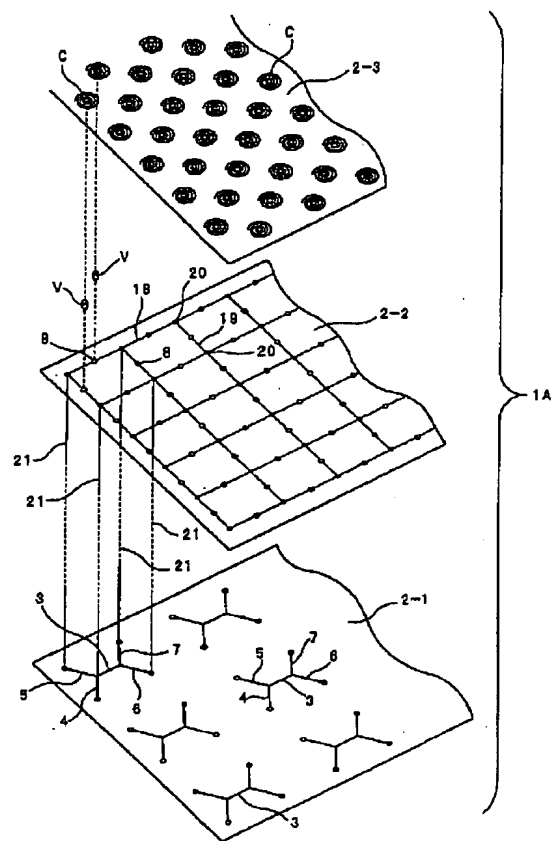
【図 12】



【図11】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

G 0 1 N 33/566

35/08

37/00

1 0 1

1 0 2

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 N 33/566

35/08

37/00

A

1 0 1

1 0 2

(71)出願人 597073531

樋口 哲也

茨城県つくば市梅園1丁目1番1 中央第
2 独立行政法人産業技術総合研究所内

(72)発明者 桐生 昭吾

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 経済産
業省産業技術総合研究所電子技術総合研究
所内

(72)発明者 前田 英明

佐賀県鳥栖市宿町807-1 経済産業省産
業技術総合研究所九州工業技術研究所内

(72)発明者 村川 正宏

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 経済産
業省産業技術総合研究所電子技術総合研究
所内

(72)発明者 樋口 哲也

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 経済産
業省産業技術総合研究所電子技術総合研究
所内

(72)発明者 清水 肇

佐賀県鳥栖市宿町807-1 経済産業省産
業技術総合研究所九州工業技術研究所内

Fターム(参考) 2G042 AA01 BD03 BD12 BD20 CB03
GA01 HA02 HA05 HA07 HA10
2G058 AA01 DA03 DA07 EA14 EC02
EC03 FA01 FA07 GB01
4G075 AA03 AA13 AA39 BA04